

## Process and device for determining the thickness transverse profile and thickness longitudinal profile of a running strip of material

**Patent number:** DE19950254  
**Publication date:** 2001-05-10  
**Inventor:** FLORMANN PAUL (DE)  
**Applicant:** IMS MESSSYSTEME GMBH (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G01B21/08; G01B15/02; B21B37/16; G01B105/20  
- **European:** G01B15/02B  
**Application number:** DE19991050254 19991018  
**Priority number(s):** DE19991050254 19991018

**Also published as:**

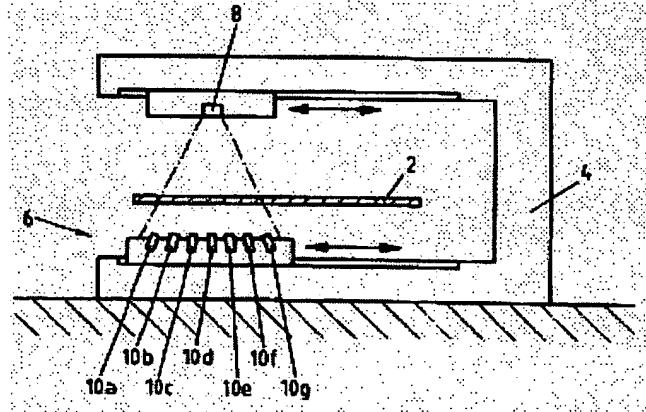
EP1094296 (A2)  
US6429944 (B1)  
JP2001165650 (A)  
EP1094296 (A3)  
EP1094296 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE19950254

Abstract of corresponding document: **US6429944**

A process for the determination of the thickness transverse profile and the thickness longitudinal profile of a running material strip. The process includes (a) determining the strip thicknesses in at least two measuring areas, (b) determining the longitudinal position of the thickness longitudinal profile, (c) measuring the strip thickness in the longitudinal position and setting a correction value to be zero, (d) measuring an adjustment setting (DELTAP) of the measuring unit for the longitudinal position, (e) calculating the gradient (k) of the strip thicknesses transverse to the direction of travel of the strip, (f) recalculating the correction value (DELTAk) from the previous correction values and the product of (k) and (DELTAP), (g) calculating the mean strip thickness (Dm), (h) calculating the corrected strip thickness in the longitudinal position as the sum of (Dm) and (DELTAk), (i) repeating steps (d) to (h) within an adjustment movement cycle and (j) determining the thickness transverse profile from the strip thickness and the thickness longitudinal profile from the mean strip thickness.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 199 50 254 A 1

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 B 21/08**  
G 01 B 15/02  
B 21 B 37/16  
// G01B 105:20

DE 199 50 254 A 1

⑯ Aktenzeichen: 199 50 254.4  
⑯ Anmeldetag: 18. 10. 1999  
⑯ Offenlegungstag: 10. 5. 2001

⑯ Anmelder:  
IMS-Messsysteme GmbH, 42579 Heiligenhaus, DE  
⑯ Vertreter:  
COHAUSZ & FLORACK, 40472 Düsseldorf

⑯ Erfinder:  
Flormann, Paul, 42579 Heiligenhaus, DE  
⑯ Entgegenhaltungen:

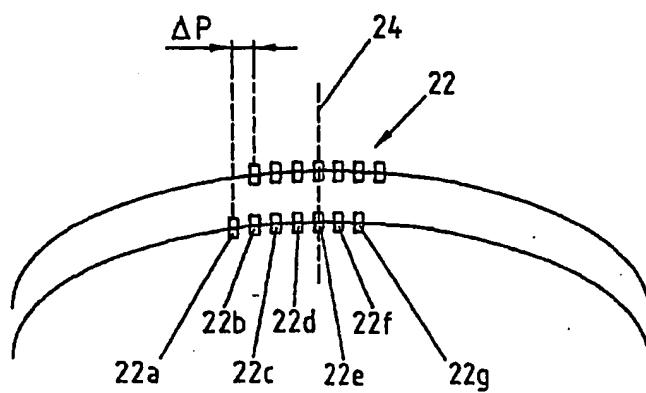
DE 38 27 084 C2  
DE 35 30 109 C2  
DE 198 44 756 A1  
DE 37 07 107 A1  
DE 694 08 023 T2  
DE 691 04 164 T2  
US 55 04 794 A  
US 52 55 302 A  
US 46 33 420  
US 4 52 297

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung eines Dickenquerprofils und des Dickenlängsprofils eines laufenden Materialbandes

⑯ Hallo ballo



DE 199 50 254 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung des Dickenquerprofils und des Dickenlängsprofils eines laufenden Materialbandes.

5 Im Stand der Technik sind bereits eine Vielzahl von Meßverfahren bekannt. Die Hauptaufgabe besteht jeweils darin, das Dickenquerprofil, also die Messung der Banddicke über die Bandbreite quer zur Bandlaufrichtung, und das Dickenlängsprofil, also die Messung der Banddicke in der Bandmitte oder an anderen Längspositionen längs zur Bandlaufrichtung, genau zu erfassen. Dieses Ziel kann bisher nur erfüllt werden, wenn während des Meßverfahrens simultan die Banddicke in Bandmitte, sowie die Banddicke an der jeweiligen Bandposition quer zum Band erfaßt wird.

10 Dieses wird bspw. durch die simultane Multikanal-Profilmessung erfüllt, bei der einerseits in der Mitte des Materialbandes eine aus mindestens einer Strahlungsquelle und mindestens einem Detektor bestehende Meßeinheit die Banddicke direkt mißt und somit das Dickenlängsprofil bestimmt. Andererseits sind separate Meßeinheiten zur Bestimmung des Dickenquerprofils vorgesehen, den den Bereich der Kanten des Materialbandes erfassen.

Aufgrund der oben genannten Anforderungen an den Umfang der zu messenden Größen und an die Meßgenauigkeit fallen die bekannten Vorrichtungen entsprechend aufwendig aus. So sind bspw. mindestens separate zwei Meßeinheiten mit je einem Meßkopf bestehend aus einer Anordnung von Strahlenquelle und mindestens einem Detektor oder eine Meßeinheit mit mehreren Meßköpfen notwendig.

15 Die zuvor beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen werden vorwiegend für den Strangguß, für Vorstraßen bzw. für den Einlauf von Fertigungsstaffeln gedacht. Denn die weiter fortschreitende Optimierung des Walzprozesses von Metallbändern der Fertigungsstaffeln ist ohne eine genaue Kenntnis der Zustände im Einlauf nicht mehr effektiv zu gestalten.

20 Der Erfundung liegt daher das technische Problem zugrunde, den technischen Aufwand der Meßvorrichtung unter Beibehalten einer genauen Bestimmung des Dickenquerprofils und des Dickenlängsprofils eines laufenden Materialbandes zu verringern.

Das zuvor aufgezeigte technische Problem wird erfundungsgemäß durch ein Verfahren gelöst,

25 a) bei dem mit Hilfe einer Meßeinheit in mindestens zwei Meßflecken Banddicken  $D$  bestimmt werden, wobei eine Meßeinheit mindestens eine Strahlungsquelle 8 und mindestens zwei Detektoren 10 aufweist, wobei ein Meßfleck 22 der Volumenbereich des Materialbandes 2 ist, der von der durch einen zugeordneten Detektor 22 gemessenen Strahlung durchlaufen worden ist, und wobei die Meßflecke quer zur Bandlaufrichtung beabstandet zueinander angeordnet sind,

30 b) bei dem die Längsposition des zu bestimmenden Dickenlängsprofils längs zur Bandlaufrichtung festgelegt wird,

c) bei dem die Banddicke  $D_0$  in der Längsposition von der Meßeinheit direkt gemessen wird und der Wert eines Korrekturwertes  $\Delta K$  gleich Null gesetzt wird,

d) bei dem die Meßeinheit quer zur Bandlaufrichtung verstellt wird und die Größe der Verstellung  $\Delta P$  bezogen auf die Längsposition bestimmt wird,

e) bei dem aus den in den Meßflecken bestimmten Banddicken  $D$  die Steigung  $k$  der Banddicken  $D$  quer zur Bandlaufrichtung berechnet wird,

f) bei dem der Korrekturwert  $\Delta K$  als Summe aus dem bisherigen Korrekturwert  $\Delta K$  und dem Produkt aus der Steigung  $k$  und der Größe der Verstellung  $\Delta P$  neu berechnet wird,

40 g) bei dem aus den in den Meßflecken bestimmten Banddicken  $D$  die mittlere Banddicke  $D_m$  berechnet wird,

h) bei dem die korrigierte Banddicke  $D_{0k}$  in der Längsposition als Summe aus der Banddicke  $D_m$  und dem neuen Korrekturwert  $\Delta K$  berechnet wird,

i) bei dem die Schritte d) bis h) innerhalb eines Verstellzyklus iterativ wiederholt werden, bis die Meßeinheit bis zu einer maximalen Verstellung quer zur Längsposition und wieder zurück bis zu einer Position verstellt worden ist, in der die Banddicke  $D_0$  in der Längsposition von der Meßeinheit direkt gemessen wird, und

45 j) bei dem das Dickenquerprofil aus den iterativ bestimmten Banddicken  $D_m$  und das Dickenlängsprofil aus den iterativ korrigierten Banddicken  $D_{0k}$  bestimmt werden.

Der zuvor beschriebene Verfahrensablauf kann auch als traversierende Mehrkanal-Profilmessung bezeichnet werden und kommt mit einer Meßeinheit für die zugrundeliegende Aufgabenstellung aus.

Befindet sich die Meßeinheit während der Dickenquerprofilerfassung außerhalb der Längsposition, wird die Banddicke in der Längsposition gleichermaßen bestimmt, denn die Dickenänderungen, die aus dem Dickenquerprofil resultieren, werden additiv über ein mathematisches Verfahren nachgeführt. Dabei wird das Dickenquerprofil über Dickendifferenzen zur Banddicke in der Längsposition erfaßt, da die Banddicke in Bandlängsrichtung variiert. Insgesamt ist für die Genuigkeits des Verfahrens zu berücksichtigen, daß die Abweichungen zwischen der Banddicke in der Bandmitte und an der Außenkante beispielsweise im Bereich von weniger als 5% liegen.

Somit ist mit dem erfundungsgemäßen Ablauf des Verfahrens gewährleistet, daß der technische Aufwand der Meßvorrichtung unter Beibehalten einer genauen Bestimmung des Dickenquerprofils und des Dickenlängsprofils eines laufenden Materialbandes verringert wird. Da das erfundungsgemäße Verfahren insbesondere im Einlaufbereich zu einer Walzstrecke angewendet wird, ist die Bandlaufgeschwindigkeit so gering, daß bei einer Traversiergeschwindigkeit im Bereich von 5–15 m/min ein ausreichend engmaschiges Vermessen des Materialbandes erfolgt.

Gemäß einer weiteren Lehre der vorliegenden Erfindung wird das oben aufgezeigte technische Problem gelöst durch eine Vorrichtung zur Bestimmung des Dickenquerprofils und des Dickenlängsprofils eines laufenden Materialbandes, mit einem Gehäuse, mit mindestens einer im Gehäuse angeordneten Strahlungsquelle und mit mindestens zwei im Gehäuse angeordneten Detektoren, die quer zur Bandlaufrichtung beabstandet zueinander angeordnet und unter unterschiedlichen Winkeln auf die mindestens eine Strahlungsquelle ausgerichtet sind, wobei das Materialband zwischen der Strahlungsquelle und den Detektoren angeordnet ist und wobei die Detektoren das Materialband quer zu dessen Bandlaufrichtung abschnittsweise erfassen, daß Verstellmittel zum synchronen Verstellen der Strahlungsquelle und der Detek-

toren relativ zum Materialband vorgesehen sind.

Weiterhin wird das technische Problem durch die Verwendung einer zuvor beschriebenen Vorrichtung für die Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens gelöst.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, wobei auf die beigelegte Zeichnung Bezug genommen wird. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer Seitenansicht in Bandlaufrichtung,

Fig. 2 die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung in einer Seitenansicht quer zur Bandlaufrichtung,

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer Seitenansicht in Bandlaufrichtung,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Materialbandes in einer Draufsicht, die das Verstellen der Meßflecke entlang der Oberfläche des Materialbandes darstellt, und

Fig. 5 eine schematische Darstellung des Dickenquerprofils und der Positionen der Meßflecke zu verschiedenen Zeitpunkten während des Meßverfahrens.

In den Fig. 1 und 2 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung des Dickenquerprofils und des Dickenlängsprofils eines laufenden Materialbandes 2 dargestellt. Die Vorrichtung weist ein Gehäuse 4, mindestens einer im Gehäuse 4 angeordneten Meßeinheit 6, die eine Strahlungsquelle 8 und sieben Detektoren 10a-10g auf. Die Detektoren 10a bis 10g sind quer zur Bandlaufrichtung beabstandet zueinander angeordnet und unter unterschiedlichen Winkeln auf die Strahlungsquelle 8 ausgerichtet. Weiterhin ist eine außerhalb der Vorrichtung angeordnete und das Materialband 2 führende Führungseinrichtung 12 vorgesehen, die das Materialband 2 zwischen der Strahlungsquelle 8 und den Detektoren 10a-10g anordnet. Die Detektoren 10a-10g erfassen somit abschnittsweise das Materialband 2 quer zu dessen Bandlaufrichtung. Des weiteren sind Verstellmittel 13 zum synchronen Verstellen der Strahlungsquelle 8 und der Detektoren 10a-10g relativ zum Materialband 2 vorgesehen.

Das Gehäuse 4 ist zweckmäßigerweise C-förmig ausgebildet, um sowohl die Strahlungsquelle 8 als auch die Detektoren 10a-10g zu tragen und gleichzeitig das Materialband 2 zu umfassen. Die Strahlungsquelle 8 sendet typischerweise hochenergetische elektromagnetische Strahlung, insbesondere Gammastrahlung oder Röntgenstrahlung aus.

Die äußeren Detektoren 10a und 10g weisen während des Verstellens der Meßeinheit 6 das Erreichen der äußeren Kante des Materialbandes 2 nach. Siehe dazu die Fig. 4, in der das Verstellen der Meßflecke entlang der Oberfläche des Materialbandes 2 dargestellt ist.

Die Detektoren 10a-10g sind beispielsweise als Ionisationskammern, Szintillationszähler, Zählrohre oder Halbleiterdetektoren ausgebildet. Die Auswahl des Detektortypes erfolgt auf der Grundlage der verwendeten Strahlungsquelle 8 sowie deren Intensität.

Die hier beschriebene Meßeinheit 6 verfügt über sieben Detektoren 10a-10g, prinzipiell sind aber auch Meßeinheiten mit mehr oder weniger Detektoren denkbar. Die Auswahl der Anzahl von Detektoren 10 erfolgt in Abhängigkeit von der Art und der Aktivität bzw. der Dosiseleistung der eingesetzten Strahlenquelle und der Art der verwendeten Detektoren im Hinblick auf die gewünschte Meßgenauigkeit inklusive des statistischen Rauschens.

Die nicht notwendigerweise zur Vorrichtung gehörende Führungseinrichtung 12 weist zwei Rollen 14a und 14b auf, die von einem Grundgestell 16 getragen werden. Dabei sind die beiden Rollen 14a und 14b zu beiden Seiten des von der Meßeinheit 6 erfaßten Bereiches angeordnet, so daß das Materialband 2 innerhalb der Vorrichtung eine definierte Position einnimmt.

Die Verstellmittel 13 ermöglichen ein zyklisches Erfassen der gesamten Breite des Materialbandes 2. Dazu sind diese so ausgebildet, daß sie die gesamte aus der Strahlungsquelle 8 und den Detektoren 10a-10g bestehende Meßeinheit 6 gegenüber dem Materialband 2 verstehen.

Wie die Fig. 1 und 2 darstellen, bewegen die Verstellmittel 13 das Gehäuse 4 mit der Strahlungsquelle 8 und den Detektoren 10a-10g relativ zum Materialband 2. Dieses ist dadurch gewährleistet, daß die Verstellmittel 13 eine lineare Führung 18 und mit dieser linearen Führung 18 in Eingriff stehende Führungsschlitten 20 aufweisen. Für das Verstellen ist weiterhin ein nicht im Detail dargestellter lineare Antrieb vorgesehen. Durch die Bewegung des gesamten Gehäuses 4 wird sichergestellt, daß die Strahlungsquelle 8 und die Detektoren 10a-10g während des Verstellens immer in einer vorjustierten Position zueinander angeordnet sind. Nachteilig ist jedoch, daß ein relativ großes Gewicht beim Verstellen bewegt werden muß.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel verstehen dagegen die Verstellmittel 13 die Strahlungsquelle 8 und die Detektoren 10a-10g relativ zum Gehäuse 4, so daß eine geringere Masse bewegen werden muß. Jedoch muß während des separaten Verstellens gewährleistet werden, daß die Strahlungsquelle 8 und die Detektoren 10a-10g aufeinander ausgerichtet bleiben.

Weiterhin weisen die Verstellmittel 13 eine nicht in der Zeichnung dargestellte Meßvorrichtung zum Bestimmen der Position der Meßeinheit 13 relativ zum Materialband 2 auf. Somit können die Positionsdaten der Meßeinheit erfaßt und der im folgenden beschriebenen Auswertung der Meßdaten zugeleitet werden.

Im folgenden wird anhand der Fig. 4 und 5 das erfindungsgemäße Verfahren im Detail erläutert.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung des Dickenquerprofils und des Dickenlängsprofils eines laufenden Materialbandes 2 weist die folgenden Schritte auf:

- a) Mit Hilfe einer Meßeinheit 6 werden in sieben Meßflecken 22 Banddicken D bestimmt, wobei die Meßflecke 22 quer zur Bandlaufrichtung beabstandet zueinander angeordnet sind. Der Meßwert zu jedem Meßfleck wird über die Zeitspanne eines vorgegebenen Meßzyklus verarbeitet. Ein typischer Wert für einen Meßzyklus beträgt beispielsweise ca. 10 ms. Die Bestimmung der Banddicke D aus der vom Detektor 10 gemessenen Intensität erfolgt mit Hilfe des an sich bekannten Winkels des Detektors zum Materialband 2.
- b) Die Längsposition 24 des zu bestimmenden Dickenlängsprofils wird längs zur Bandlaufrichtung festgelegt. Wie die Fig. 4 und 5 zeigen, wird die Längsposition 24 in der Mitte des Materialbandes 2 angeordnet.

c) Die Banddicke  $D_0$  wird an einer Ausgangsposition 24 von der Meßeinheit 6 direkt gemessen und der Wert eines Korrekturwertes  $\Delta K$  wird gleich Null gesetzt. Dazu wird die Meßeinheit 6 so angeordnet, daß die Längsposition 24 innerhalb des von den Meßflecken 22a–22g erfaßten Bereiches des Materialbandes 2 angeordnet ist und die Banddicke  $D_0$  wird von einem Meßfleck 22, vorzugsweise vom mittleren Meßfleck 22d direkt erfaßt. Ebenso kann die Banddicke  $D_0$  durch eine Interpolation der Banddicken  $D$  der Meßflecke 22 berechnet werden.

d) Die Meßeinheit 6 wird quer zur Bandlaufrichtung für eine vorgegebene Zeitdauer  $t_0$  bis  $t_1$  verstellt, in den Fig. 4 und 5 nach links, wobei Fig. 5 das Dickenquerprofil und die Position der Meßeinheit 6 zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  darstellt. Die Größe der Verstellung  $\Delta P$  bezogen auf die Längsposition wird bestimmt zu  $\Delta P = P(t_1) - P(t_0)$ . Die Größe  $\Delta P$  liegt dabei bevorzugt in der Größenordnung des Abstandes jeweils zweier Meßflecke 22, wie auch in Fig. 5 zu erkennen ist.

Die Meßeinheit 6 wird mit einer vorgegebenen Traversgeschwindigkeit quer zur Bandlaufrichtung verstellt, wobei die Traversgeschwindigkeit im Bereich der Kanten des Materialbandes 2 verringert wird. Ein typischer Wert für die Traversgeschwindigkeit beträgt beispielsweise ca. 5–15 m/min., jedoch sind auch andere Werte möglich und technisch realisierbar. Die Größe der Verstellung  $\Delta P$  ergibt sich dann aus der Zeitdauer des vorgegebenen Korrekturzyklus und aus der Traversgeschwindigkeit.

e) Aus den in den Meßflecken 22 bestimmten Banddicken  $D$  wird die Steigung  $k$  der Banddicken  $D$  quer zur Bandlaufrichtung berechnet, wobei diese in bevorzugter Weise jeweils nach Ablauf des Korrekturzyklus durchgeführt wird. Diese Zeitdauer des Korrekturzyklus ist abhängig vom statistischen Rauschen der Strahlenquelle, die sich bspw. in den ermittelten Banddicken zeigt, und dient dazu das Rauschen durch Mittelwertbildung zu reduzieren. Die Zeitdauer des Korrekturzyklus wird mindestens so lang wie die Zeitdauer eines Meßzyklus eingestellt wird, wobei vorzugsweise die Zeitdauer des Korrekturzyklus als ein Mehrfaches der Zeitdauer des Meßzyklus eingestellt wird. Ein typischer Wert für die Zeitdauer eines Korrekturzyklus, die jeweils in Abhängigkeit von den technischen Voraussetzungen gewählt wird, beträgt beispielsweise ca. 100 ms. Zur Berechnung der Steigung  $k$  wird dann ein über den Korrekturzyklus gemittelter Wert der Banddicke  $D$  jedes Meßflecks verwendet.

Mit Hilfe einer linearen Regression wird die Steigung  $k$  aus den Banddicken  $D$  und den absoluten Positionen der Meßflecke quer zur Bandlaufrichtung berechnet. Mit anderen Worten wird ein Polynom 1. Grades an den Verlauf der Banddicken angepaßt. Die Regressionsrechnung wird bspw. nach dem Gauss-Jordan-Verfahren, der Methode der Summe der kleinsten Fehlerquadrate, durchgeführt. Die lineare Korrektur führt dabei zu guten Ergebnissen, weil die Änderungen des Dickenquerprofils über eine Verstellung der Meßeinheit von  $\Delta P$  im Bereich des Abstandes zwischen jeweils zwei Meßflecken 22 gering sind und eine lineare Anpassung erlauben.

Allgemein ist es auch möglich, daß mit Hilfe von  $n$  Meßflecken 22, mit  $n$  größer als 2, und mit Hilfe einer Regressionsberechnung eines Polynoms mit dem Grad  $n - 1$  die Steigung  $k$  aus den Banddicken  $D$  und den absoluten Positionen der Meßflecke 22 quer zur Bandlaufrichtung berechnet wird. Eine höhere Rechengenauigkeit wird somit erreicht.

f) Der Korrekturwert  $\Delta K$  wird nach der Formel  $\Delta K = \Delta K + k \times \Delta P$  neu berechnet. Dieses entspricht einer linearen Anpassung. Der Korrekturwert  $\Delta K$  kann jedoch auch mit Korrekturtermen zweiten und ggf. höheren Grades berechnet werden, sofern im Schritt e) ein Polynom mit einem Grad größer als 2 angepaßt worden ist.

g) Aus den in den Meßflecken 22b–22f bestimmten Banddicken  $D(i)$ ,  $i = 1-5$ , wird die mittlere Banddicke  $D_m$ , vorzugsweise als arithmetisches Mittel, berechnet. Dabei kann insbesondere die mittlere Banddicke ( $D_m$ ) in der Mitte des von den Meßflecken umfaßten Bereiches des Materialbandes 2 berechnet werden.

h) Die korrigierte Banddicke  $D_{ok}$  in der Längsposition 24 wird dann nach folgender Formel berechnet:

$$D_{ok} = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} D(i)}{5} + \Delta K, \quad i=1-5,$$

wobei die beiden äußeren Meßflecke 22a und 22g mit den Banddicken  $D(0)$  und  $D(6)$  unberücksichtigt bleiben. Bei einem Verfahren mit einer anderen Anzahl von Meßflecken 22 ist die Formel entsprechend für andere Werte des Index  $i$  zu verwenden.

i) Die Schritte d) bis h) werden innerhalb eines Verstellzyklus iterativ wiederholt. Die Zeitdauer eines Verstellzyklus dauert so lange, bis die Meßeinheit 6 bis zu einer maximalen Verstellung quer zur Längsposition und wieder zurück bis zu einer Position verstellt worden ist, in der die Banddicke  $D_0$  in der Längsposition 24 von der Meßeinheit 6 direkt gemessen wird.

Die maximale Verstellung wird bei dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel relativ zur Längsposition durch den Rand des Materialbandes 2 vorgegeben, so daß im wesentlichen die gesamte Breite des Materialbandes 2 erfaßt wird. Dazu werden die beiden äußeren Meßflecke zum Erfassen der Kanten des Materialbandes 2 verwendet. Somit werden beispielsweise beim Einsatz von 7 Detektoren 10a–10g die beiden äußeren Detektoren 10a und 10g als Nachweismittel für die Kanten des Materialbandes 2 verwendet, während die Detektoren 10b–10f zur Bestimmung der Banddicke verwendet werden.

j) Das Dickenquerprofil wird dann aus den iterativ bestimmten Banddicken  $D_m$  und das Dickenlängsprofil aus den iterativ korrigierten Banddicken  $D_{ok}$  bestimmt.

Als Maß für eine Qualitätskontrolle, also als Maß für die Genauigkeit der Korrektur des letzten Verstellzyklus für das zuvor beschriebene Verfahren kann die Differenz zwischen der im Schritt c) bestimmten Banddicke  $D_0$  in der Längsposition zu Beginn des Verstellzyklus und der im Schritt i) am Ende des Verstellzyklus bestimmten korrigierten Banddicke  $D_{ok}$  verwendet werden.

Zuvor ist die Bestimmung des Dickenquerprofils zu einer Seite der Längsposition 24 beschrieben worden, indem die Meßeinheit 6 in einer Richtung von der Längsposition aus zu einer Kante des Materialbandes 2 und zurück verstellt werden ist. Dieses ist in Fig. 4 zwischen den Positionen A und B. Um alternierend die gesamte Breite des Materialbandes 2 zu erfassen wird daher die Meßeinheit 6 zur Bestimmung des Dickenquerprofils abwechselnd zu beiden Seiten quer zur Längsposition 24 verstellt, sich dazu den Abschnitt B bis C in Fig. 4.

Ein Charakteristikum des erfundungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß bei der iterativen Aufsummierung des Wertes  $\Delta K$  eine Fehlergenauigkeit auftritt, bis die Kante des Materialbandes 2 erreicht wird. Während des entgegengesetzten Verstellens hebt sich dieser Fehler wegen des umgekehrten Vorzeichens des Steigungswertes weitgehend wieder auf.

5

10

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Dickenquerprofils und des Dickenlängsprofils eines laufenden Materialbandes (2),

- a) bei dem mit Hilfe einer Meßeinheit (6) in mindestens zwei Meßflecken (22) Banddicken (D) bestimmt werden, wobei die Meßflecke (22) quer zur Bandlaufrichtung beabstandet zueinander angeordnet sind, 15
- b) bei dem die Längsposition (24) des zu bestimmenden Dickenlängsprofils längs zur Bandlaufrichtung festgelegt wird,
- c) bei dem die Banddicke ( $D_0$ ) in der Längsposition (24) von der Meßeinheit (6) direkt gemessen wird und der Wert eines Korrekturwertes ( $\Delta K$ ) gleich Null gesetzt wird,
- d) bei dem die Meßeinheit (6) quer zur Bandlaufrichtung verstellt wird und die Größe der Verstellung ( $\Delta P$ ) bezogen auf die Längsposition bestimmt wird,
- e) bei dem aus den in den Meßflecken (22) bestimmten Banddicken (D) die Steigung (k) der Banddicken (D) quer zur Bandlaufrichtung berechnet wird,
- f) bei dem der Korrekturwert ( $\Delta K$ ) als Summe aus dem bisherigen Korrekturwert ( $\Delta K$ ) und dem Produkt aus der Steigung (k) und der Größe der Verstellung ( $\Delta P$ ) neu berechnet wird, 25
- g) bei dem aus den in den Meßflecken (22) bestimmten Banddicken (D) die mittlere Banddicke ( $D_m$ ) berechnet wird,
- h) bei dem die korrigierte Banddicke ( $D_{0k}$ ) in der Längsposition (24) als Summe aus der Banddicke ( $D_m$ ) und dem neuen Korrekturwert ( $\Delta K$ ) berechnet wird, 30
- i) bei dem die Schritte d) bis h) innerhalb eines Verstellzyklus iterativ wiederholt werden, bis die Meßeinheit (6) bis zu einer maximalen Verstellung quer zur Längsposition und wieder zurück bis zu einer Position verstellt worden ist, in der die Banddicke ( $D_0$ ) in der Längsposition (24) von der Meßeinheit (6) direkt gemessen wird, und
- j) bei dem das Dickenquerprofil aus den iterativ bestimmten Banddicken ( $D_m$ ) und das Dickenlängsprofil aus den iterativ korrigierten Banddicken ( $D_{0k}$ ) bestimmt werden. 35

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Meßeinheit (6) von mindestens einem Detektor (10) pro Meßfleck (22) und mindestens einer Strahlungsquelle (8) gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem mit Hilfe der Detektoren (10) die durch das Materialband (2) abgeschwächte Intensität der Strahlung gemessen wird. 40

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem eine Mehrzahl von Meßflecken (22), insbesondere fünf Meßflecke (22), vorzugsweise sieben Meßflecke (22), in einer Meßeinheit (6) verwendet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem über die Zeitdauer eines vorgegebenen Meßzyklus der Meßwert zu jedem Meßfleck verarbeitet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem im Schritt b) die Längsposition (24) in der Mitte des Materialbandes (2) angeordnet wird. 45

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem im Schritt c) die Meßeinheit (6) so angeordnet wird, daß die Längsposition (24) innerhalb des von den Meßflecken (22) erfaßten Bereiches des Materialbandes (2) angeordnet ist und die Banddicke ( $D_0$ ) durch eine Interpolation der in den Meßflecken (22) gemessenen Banddicken (D) berechnet wird. 50

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Längsposition (24) von einem Meßfleck (22) direkt erfaßt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Längsposition (24) vom mittleren einer ungeraden Anzahl von Meßflecken direkt erfaßt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem im Schritt d) die Meßeinheit (6) mit einer vorgegebenen Traversgeschwindigkeit quer zur Bandlaufrichtung verstellt wird. 55

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Traversgeschwindigkeit im Bereich der Kanten des Materialbandes (2) verringert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, bei dem die Größe der Verstellung ( $\Delta P$ ) aus der Zeitdauer des vorgegebenen Korrekturzyklus und aus der Traversgeschwindigkeit berechnet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem im Schritt e) die Steigung (k) der Banddicken (D) nach Ablauf des Korrekturzyklus durchgeführt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Zeitdauer des Korrekturzyklus mindestens so lang wie die Zeitdauer eines Meßzyklus eingestellt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem die Zeitdauer des Korrekturzyklus als ein Mehrfaches der Zeitdauer des Meßzyklus eingestellt wird und bei dem zur Berechnung der Steigung (k) ein über den Korrekturzyklus gemittelter Wert der Banddicke (D) jedes Meßflecks (22) verwendet wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem mit Hilfe einer linearen Regression die Steigung (k) aus

den Banddicken (D) und den absoluten Positionen der Meßflecke (22) quer zur Bandlaufrichtung berechnet wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem mit Hilfe von n Meßflecken, mit n größer als 2, und mit Hilfe einer Regressionsberechnung eines Polynoms mit dem Grad n – 1 die Steigung (k) aus den Banddicken (D) und den absoluten Positionen der Meßfleck (22) quer zur Bandlaufrichtung berechnet wird.

5 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei dem im Schritt f) der Korrekturwert ( $\Delta K$ ) mit Korrekturtermen zweiten und ggf. höheren Grades berechnet wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem im Schritt g) die mittlere Banddicke ( $D_m$ ) als arithmetisches Mittel der Banddicken (D) der Meßfleck (22) berechnet wird.

10 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, bei dem die mittlere Banddicke ( $D_m$ ) in der Mitte des von den Meßflecken (22) umfaßten Bereiches des Materialbandes (2) berechnet wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei dem im Schritt i) die maximale Verstellung relativ zur Längsposition (24) durch den Rand des Materialbandes (2) vorgegeben wird.

15 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, bei dem die beiden äußeren Meßfleck (22a, 22g) zum Erfassen der Kanten des Materialbandes (2) verwendet werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, bei dem die Differenz zwischen der im Schritt c) bestimmten Banddicke ( $D_0$ ) in der Längsposition zu Beginn des Verstellzyklus und der im Schritt i) am Ende des Verstellzyklus bestimmten korrigierten Banddicke ( $D_{0k}$ ) als Maß für die Genauigkeit der Korrektur des letzten Verstellzyklus verwendet wird.

20 24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, bei dem die Meßeinheit (6) zur Bestimmung des Dickenquerprofils abwechselnd zu beiden Seiten quer zur Längsposition (24) verstellt wird.

25 25. Vorrichtung zur Bestimmung des Dickenquerprofils und des Dickenlängsprofils eines laufenden Materialbandes (2), insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 24,

- mit einem Gehäuse (4),
- mit mindestens einer im Gehäuse (4) angeordneten Strahlungsquelle (8) und
- mit mindestens zwei im Gehäuse (4) angeordneten Detektoren (10), die quer zur Bandlaufrichtung beabstandet zueinander angeordnet und unter unterschiedlichen Winkeln auf die mindestens eine Strahlungsquelle (8) ausgerichtet sind, und
- wobei das Materialband (2) zwischen der Strahlungsquelle (8) und den Detektoren (10) angeordnet ist und
- wobei die Detektoren (10) das Materialband (2) quer zu dessen Bandlaufrichtung abschnittsweise erfassen, dadurch gekennzeichnet,
- daß Verstellmittel (13) zum synchronen Verstellen der Strahlungsquelle (8) und der Detektoren (10) relativ zum Materialband (2) vorgesehen sind.

30 26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (4) C-förmig ausgebildet ist.

27. Vorrichtung nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle (8) hochenergetische elektromagnetische Strahlung, insbesondere Gammastrahlung oder Röntgenstrahlung aussendet.

35 28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mehrzahl von Detektoren (10a-10g) vorgesehen ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die äußeren Detektoren (10a, 10g) das Erreichen der äußeren Kante des Materialbandes (2) nachweisen.

40 30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektoren (10) als Ionisationskammern, Szintillationszählern, Zählrohre oder Halbleiterdetektoren ausgebildet sind.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellmittel (13) ein zirkuläres Erfassen der gesamten Breite des Materialbandes (2) ermöglichen.

45 32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellmittel (13) die aus der Strahlungsquelle (8) und den Detektoren (10) bestehende Meßeinheit (6) gegenüber dem Materialband (2) versetzen.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellmittel (13) das Gehäuse (4) mit der Strahlungsquelle (8) und den Detektoren (10) relativ zum Materialband (2) verstetzen.

50 34. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellmittel (13) die Strahlungsquelle (8) und die Detektoren (10) relativ zum Gehäuse (4) verstetzen.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellmittel (13) mindestens eine lineare Führung (18) und einen linearen Antrieb aufweisen.

36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellmittel (13) eine Meßvorrichtung zum Bestimmen der Position der Meßeinheit (6) relativ zum Materialband (2) aufweisen.

55 37. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 36 für die Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 24.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

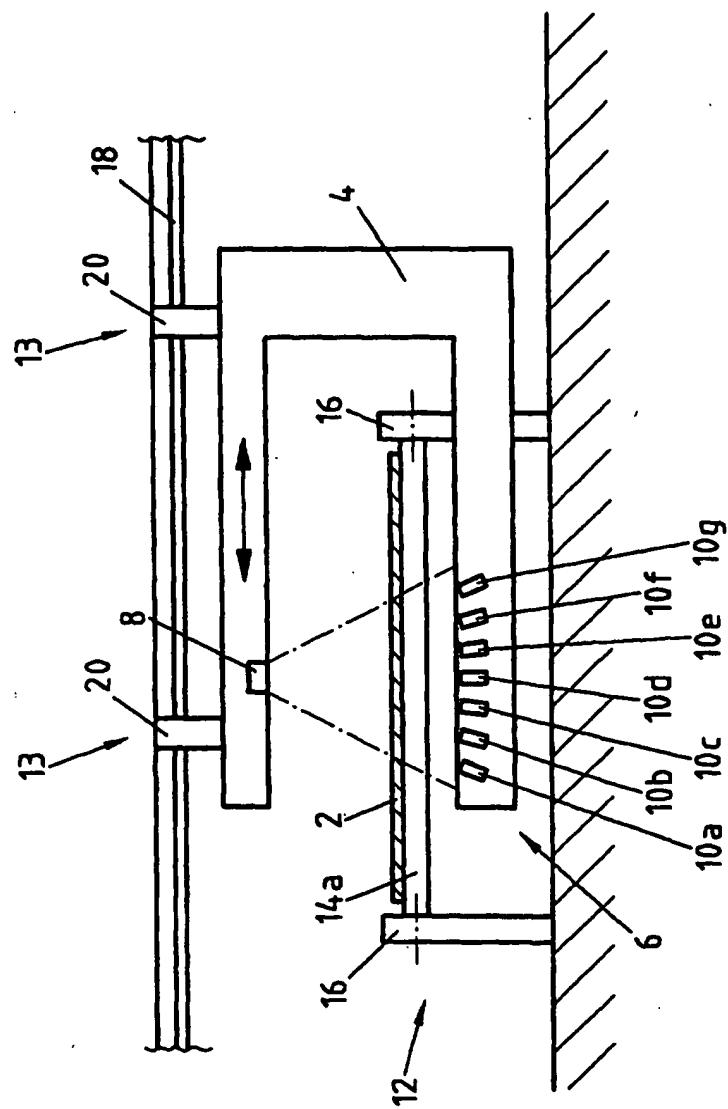
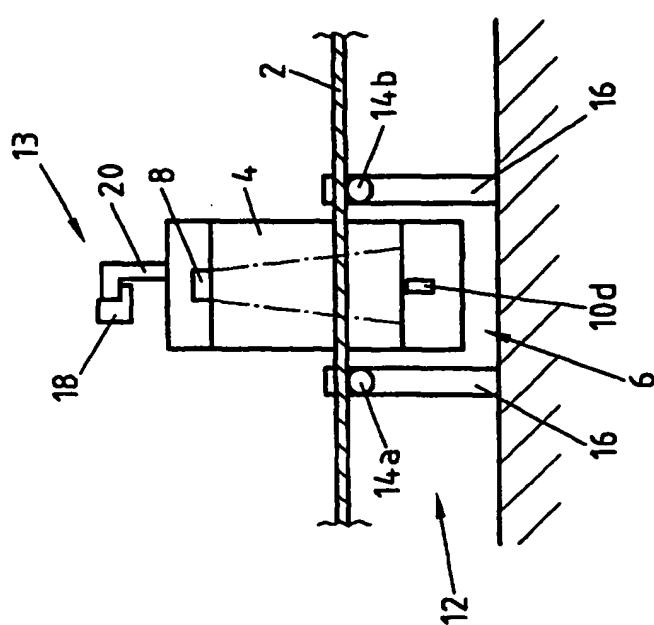


Fig. 1

Fig. 2



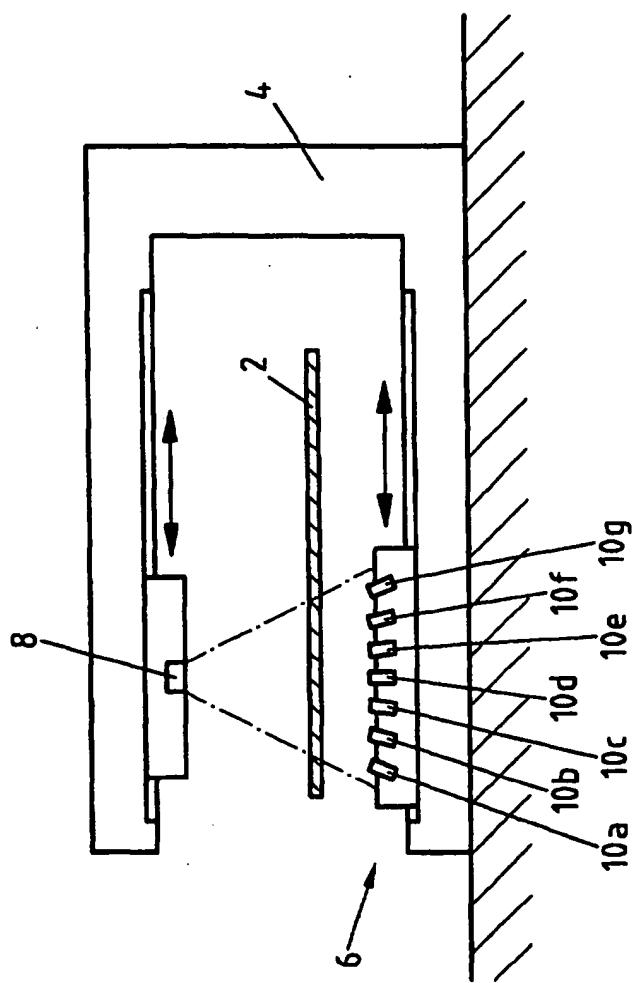


Fig. 3

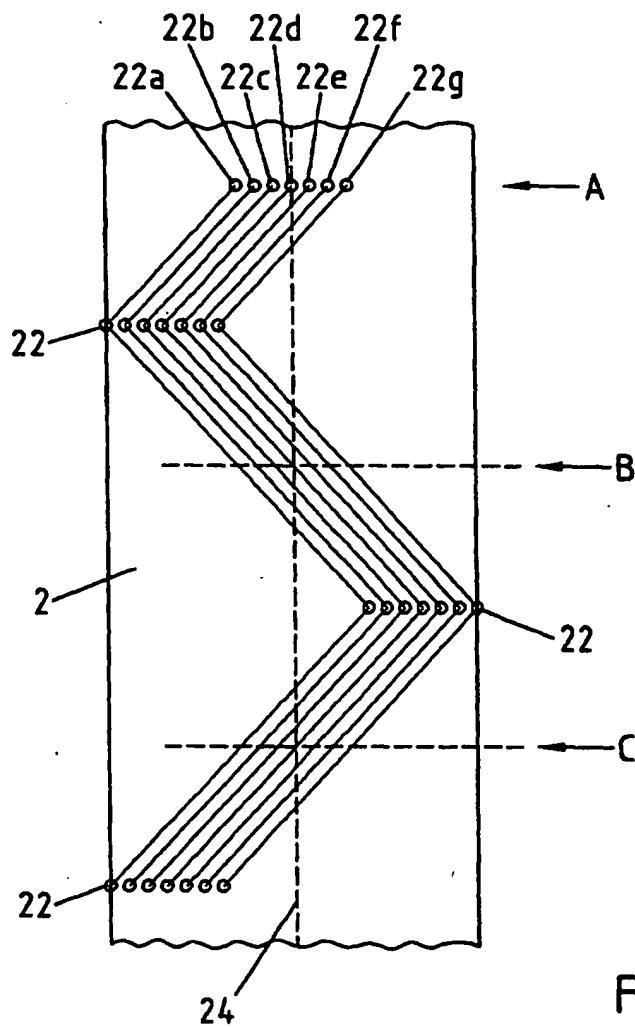


Fig.4

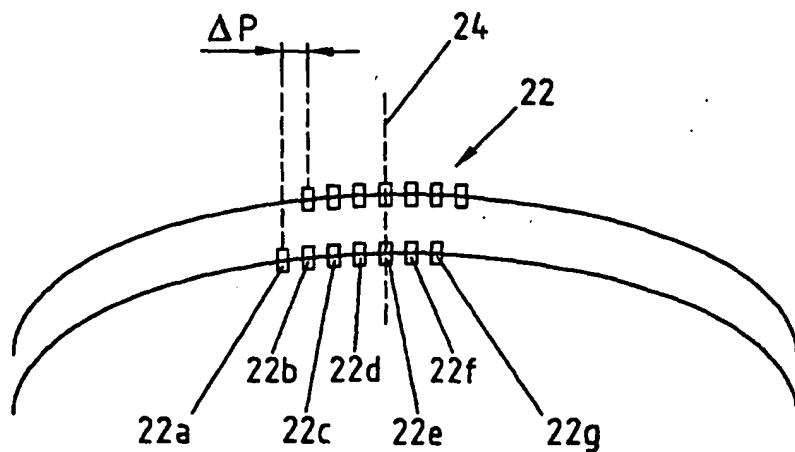


Fig.5